



EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Erki Teder

**HUMALA KASVATAMISE JA VÄÄRINDAMISE VÕIMALUSED
EESTIS**

**OPPORTUNITIES FOR GROWING AND ENHANCING HOPS IN
ESTONIA**

Bakalaurusetöö

Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekava

Juhendaja: Lektor Erkki Mäeorg, MSc

Tartu 2020



Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaurusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Erki Teder		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine	
Pealkiri: Humala kasvatamise ja väärindamise võimalused Eestis			
Lehekülgi: 41	Jooniseid: 8	Tabeleid: 2	Lisasid: 1
Osakond: Põllumajandus- ja keskkonnainstituut ETIS-e teadusvaldkond ja CERCS-i kood: B290, B390 Juhendaja: Erkki Mäeorg Kaitsmiskoht- ja aasta: Tartu 2020			
Humal on õlletööstustele asendamatu tooraine tema mõruhapete ja eeterlike õlide sisalduse tõttu. Kuna Eestis humalakasvatust pole, tuleb kogu Eesti õlletööstustele vajaminev tooraine välismaalt. Töö eesmärgiks on uurida, kas Eestis on võimalik humalat kasvatada ja kuidas saab humalakasvatust ära kasutada metsikuid sorte. Lisaks on uuritud, kuidas on humalakasvatuse olukord lähiriikides, millest sõltub humalataimes mõruhapete sisaldus ja millistes piirides need varieeruvad.			
Märksõnad: humal, metsik sort, mõruhapped, eeterlik õli			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor’s Thesis	
Author: Erki Teder		Curriculum: Production and Marketing of Agricultural Products	
Title: Opportunities for growing and enhancing hops in Estonia			
Pages: 41	Figures: 8	Tables: 2	Appendixes: 1
Department / Chair: Institute of Agricultural and Environmental Sciences Field of research and (CERC S) code: B290, B390 Supervisors: Erkki Mäeorg Place and date: Tartu 2020			
Hops are an indispensable raw material for the expanding craft beer brewing industry due to their content of bitter acids and essential oils. As there are no hop farms in Estonia, all the raw materials needed for the Estonian beer industry come from abroad. The aim of the study is to investigate whether it is possible to grow hops in Estonia and how wild varieties can be used in hop breeding and cultivation. In addition, the situation of hop growing in neighboring countries has been studied, as well as the factors on which the content of bitter acids in the hop plant depends and to what extent they vary.			
Keywords: Hops, wild hops, bitter acids, essential oil			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. HUMALA TAKSONOOMIA	6
2. AJALUGU	7
3. TAIMEEHITUS	8
4. HUMALA KASVUKS SOBIVAD KESKKONNATINGIMUSED	10
4.1 Mullastik	10
4.2 Temperatuur ja päevapikkus	10
4.3 Sademed	11
5. HUMALA SORDIARETUSE TRENDID	12
6. HUMALA KASVATUSTEHNOLOOGIA	14
6.1 Istanduste rajamine	14
6.2 Istutamine	14
6.3 Väetamine	15
6.4 Humala haigused ja kahjurid	15
6.5 Koristus ja kuivatamine	18
7. HUMALAKASVATUS LÄHIRIIKIDES	19
8. MÕRUHAPETE JA EETERLIKE ÕLIDE OLEMUS JA SÜNTEES TAIMES	22
9. MÕRUHAPETE SISALDUS JA SELLE VARIEERUMINE	26
JÄRELDUSED	33
KOKKUVÕTE	35
KASUTATUD KIRJANDUS	36
LISAD	41
Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta	41

SISSEJUHATUS

Viimastel aastatel on käsitööõllede tootmine ja tarbimine Eestis ja ka maailmas järsult tõusnud. See on põhjustanud valdkonnas suurenenud nõudluse erineva maitse, lõhna, värvuse jm omadustega toodete järele. Samas kui õllede väiketootmise maine rõhub eelkõige kohalikule omapärale, imporditakse suurem osa toorainetest teistest riikidest. Humala osakaal on õlletootmises nii mahu kui hinna poolest väga oluline. Samuti pakub humal oma mitmekesise keemilise koostise poolest hulgaliselt võimalusi õlletoodete variatsiooni suurendamiseks. Teadaolevalt on humal olnud ka Eestis kultuurtaimena ühiskonnas tähtsal kohal, kui nt mõni sajand tagasi pidi talunik mõisnikele ja kirikutele andamina ka humalat kasvatama ja viima. Eesti looduses (ja aedades) leidub humalat sagedasti. Selle geneetilise tausta ja keemilise koostise kohta on andmeid väga vähe.

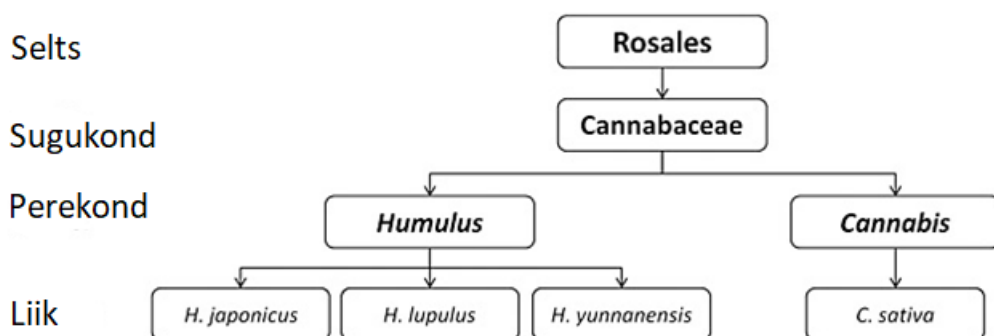
Nagu ka humalakasvatus, pole taimekasvatuses tervikuna väga levinud, siis pole humalas sisalduvate õlletootmise jaoks oluliste keemiliste ühendite sisaldus ja nende varieerumise põhjused selged. Lisaks on tehnoloogia arenguga oluliselt laienenud taimse materjali keemilise koostise muutmise (geneetilised, agronoomilised jm) ja looduslikest materjalidest vajalike ühendite eraldamise meetodid ja võimalused.

Sellest tulenevalt on töö eesmärgiks uurida Eestis humala kasvatamise keskkonnaga seotud võimalusi, millised on metsikute humalate kasutamisevõimalused õlletootmises ning millest sõltub humalale omaste mõruhapete (ja eeterlike õlide) sisaldus. Hüpoteese püstitati 3:

1. Eestis on humalakasvatamiseks sobivad keskkonnatingimused.
2. Emastaimede tolmeldamata jätmisel on mõruhapete ja eeterlike õlide sisaldus suurem.
3. Metsikute sortide roll õlletööstuste jaoks on oluline.

1. HUMALA TAKSONOOMIA

Humal (*Humulus lupulus* L.) on heitlehine, mitmeaastane, kahekojaline ronitaim, mis kuulub kanepiliste (*Cannabaceae*) sugukonda (joonis 1) (Meier 2017 ref Yan jt, 2019).



Joonis 1. Humala kuuluvus kanepiliste (*Cannabaceae*) sugukonda (Almaguer jt, 2014).

Humal on metsiku liigina looduses laialdaselt levinud põhjapoolkeral Euroopas, Aasias ja Põhja-Ameerikas (Small, 1978; Neve, 1991 ref Murakami jt, 2006). Humal on klassifitseeritud lehe morfoloogia ja geograafilise jaotuse järgi viieks alamliigiks: *Humulus lupulus* var. *lupulus* (Euroopa), *Humulus lupulus* var. *cordifolius* (Jaapan), *Humulus lupulus* var. *neomexicanus*, *Humulus lupulus* var. *pubescens* ja *Humulus lupulus* var. *lupuloides* (Põhja-Ameerika) (Patzak jt, 2010).

2. AJALUGU

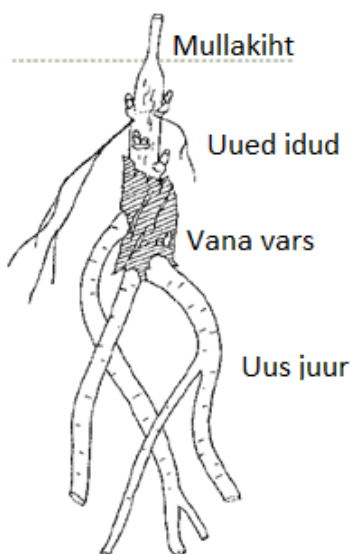
Humal oli metsiku taimena tuntud juba antiikajal. Ajaloolised leiud näitavad, et see taim on pärit Aasiast, täpsemalt Mesopotaamiast, Kaukaasia madalikelt ja Lõuna-Siberist (Basarova jt, 2010 ref Olšovska jt, 2016). Botaanilisest vaatepunktist aga arvatakse, et humalataimed on pärit Hiinast, sest see on ainuke riik, kus leidub looduslikult kõiki kolme humala liiki (*H. Lupulus*, *H. Japoicus*, *H. Yunnanensis*)(Small 1980, Neve 1991, Murakami jt 2006 ref Olšovska jt, 2016).

Humala kasutamist õlle tegemisel saab siduda Kaukaasia hõimudega, kes omistasid õllele religioosse tähtsuse ja kasutasid humalat selle valmistamisel (Darling 1961, ref Hornsey ,2003). 768. aastal on humalat mainitud kingitusena, kui Karl Suure isa Pippin Lühike kinkis Pariisi lähedal olevale St. Denisi kloorstrile Iveline metsas osa, mis oli tunnustatud koht metsiku humala kasvamiseks. Kuid ei ole tõestust, et humalat seal kasvatati. Esimene viide humala kasutamisest õlle valmistamisel on leitud 822 a. Corvey kloostrist Saksamaalt, kus on määratletud sealsete möldrite kohustusi. Nad olid vabastatud seemnete külvamisest, linnaste valmistamisest, küttepuude ja humala korjamisest (Bickerdyke 1886, ref Hornsey, 2003). Lisaks on leitud kirjutusi, et kloostri porterile tuli anda igast linnaste tegemisest kümnendiku ning sama kehtis ka humala puhul. See on esimene viide humala kasutamiseks õlle valmistamisel, kuid pole ühtegi viidet sellele, et humalat kasvatati istandustes või aedades, vaid humalat korjati loodusest. (Hornsey, 2003) Humalat on väidetavalt kasvatatud juba 736. aastast, kuid esimest dokumenteeritud humalaistandust mainitakse 860. aastal Saksamaal Freisingen-i kloostris (Nelson, 2005).

3. TAIMEEHITUS

Humalataim koosneb maa all olevast risoomist, vartest ja õitest, millest emastaimedel kasvavad käbid (Dodds, 2017).

Risoom asetseb mullas 3-5 sentimeetri sügavusel, millest väljub arvukalt maa-aluseid võsundeid (TÜ LO, 2008). Võsundidest areneb kaugeleulatuv juurestik, mis taime arenedes tungib kuni 5 meetri sügavusele mulda ja võib laieneda külgsuundadesse 180 kuni 240 sentimeetrit (Burgess, 1964 ref Koie jt, 2016). Samuti areneb igal aastal mullakihi ülemises 15 cm kihis suur toitejuurestik, et taim saaks kätte vajalikud toitained (Murakami jt, 2016). Humal on mitmeaastane taim ja sama risoomiga võivad taimed elada üle 25 aasta. Lisaks sellele paljuneb taim maa-all roomavate võsunditega (TÜ LO, 2008).

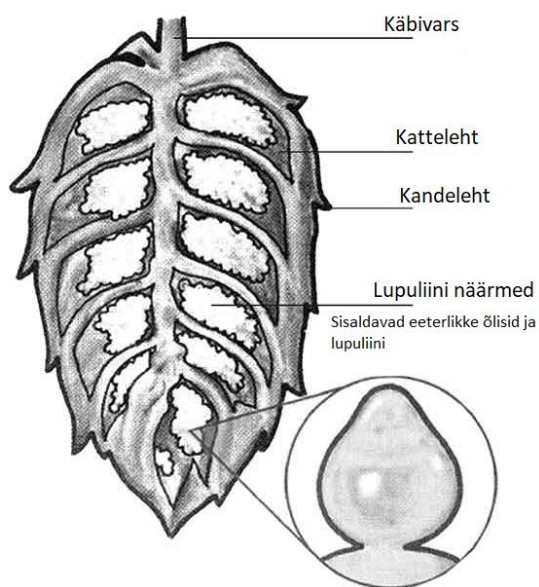


Joonis 2. Humala risoom (Williams, Roberts ja Coley-Smith 1961 ref Dodds, 2017)

Risoomist (Joonis 2) kasvavad igal kevadel noored kuuekandilised varred, mis võivad aktiivse kasvu perioodil kasvada 8-12 cm päevas. Peened varred on kaetud konksukujuliste ogadega,

mis võimaldavad taimedel ronida peaaegu kõikidel pindadel. Üldjuhul keerduvad taimed ümber toe päripäeva (Eby 2011). Esimesel aastal on varte kasv piiratud, kuna taim arendab eelkõige enda juurestikku. Piisavalt arenenud juurestikuga humalataimed võivad kasvada ühe aastaga kuni 10 meetristeks, kui neil on olemas sobiv toetus ja soodsad keskkonnatingimused. Lehed on hambulised ja kuju võib olla südamekujulisest kuni 7-hõlmaliseni, aga täiskasvanud taimedel on lehed üldjuhul 3-5 hõlmalised (Miller R.H. 1958). Taimelehed paiknevad varrel vastastikku ja kinnituvad varrele 7-12 cm pikkuste lehevartega (Olšovska jt, 2016). Igal aastal kasvavad uued varred ja need surevad peale viljade küpsemist (Murakami jt, 2016).

Humal on kahekojaline taim, mis tähendab, et eraldi esinevad isas- ja emastaimed. Isas- ja emastaimed on lihtsasti eristatavad õite ehituse kaudu. Isastaimel õied on 7-13 cm pikad kobarad, aga emastaimel õisikud on koonusekujulised 2,5-5 cm pikkused käbid (Zanoli, Zavatti 2008). Käbisid (Joonis 3) katavad kroonlehesarnased tupplehed, mis kinnituvad käbi varrele. Kattelehtede all moodustuvad emastaimede käbidel lupuliiniäärmed, milles sünteesitakse ja kuhu kogutakse eeterlikud õlid ja mõrühapped (Almaguer jt, 2014).



Joonis 3. Humalakäbi ehitus (Hieronymus, 2012 ref Moorhead)

4. HUMALA KASVUKS SOBIVAD KESKKONNATINGIMUSED

4.1 Mullastik

Humal kasvab üldjuhul hästi väga erinevatel muldadel, kuid eelistab hea veerežiimi ja õhustatusega liivaseid või liivsavimuldadeid ning talub pH vahemikus 5,7-7,5 (Sirrinen, 2015). Humalaistanduse rajamisel tuleks vältida kohti, kus võib tekkida pinnavee kogunemine. Lisaks tuleks vältida kitsaid või kinniseid orgusid, kus on puudulik õhuringlus, mis soodustab seenhaiguste teket. Samuti ei sobi istandustele täiesti lagedad alad, kuna sel juhul saavad taimed tõenäoliselt tuulekahjustusi, mis vigastavad lehti ja käbisid (Fric jt, 1991).

4.2 Temperatuur ja päevapikkus

Humal on mitmeaastane taim, mis tähendab, et tal on vaja talvitumiseks külmaperioodi. Humala juurestik (risoom) võib taluda kuni -25 °C külma, kui on korralikult lume või pinnasega kaetud. Talvisesse puhkeseisundisse minemiseks on humalal vaja vähemalt kuus nädalat temperatuuri alla 4°C. Soojemate kraadide puhul ei lähe taim puhkeseisundisse ja see võib põhjustada kevadel nõrga ja ebaregulaarse kasvu. Olenevalt sordist, peaks kasvuaegne aktiivsete temperatuuride summa olema 1700-2000°C ja kasvuperiood peaks olema vähemalt 120 päeva. Tagamaks, et taime kasv ja vajalike keemiliste ühendite tekkimine oleks täielik, vajab humal kasvu ajal pikki päevi ja palju otsest päikesevalgust. Ideaalne oleks, kui päikesevalgus oleks 15 tundi või enam (Häpi Research Centre, 2019), aga piisab ka vähemalt 8 tunnist. Aastane temperatuurivahemik võiks jääda 5-21 °C vahele ja maksimaalse vegetatiivse kasvu perioodil eelistavad taimed 15-18 °C soojust. Tuleb silmas pidada, et temperatuur ei tohi ületada 35-40 °C, sest kõrgete temperatuuride ja põua tagajärjel hülgab taim oma käbid (Biendl jt, 2014 ref Amoriello 2019).

Soojemal kevadel võib humal kasvu alustada juba aprillis, kui esimesed uued varred hakkavad maa seest välja tulema. Juuli keskpaigaks on saavutatud maksimaalne kõrgus ja edasi arenevad eelkõige külgharud. Paljunemisorganid hakkavad moodustama peale suvist pööripäeva, kui päevapikkus hakkab lühenema.

Olenevalt aastast ja piirkonnast on Eestis aktiivsete temperatuuride summa 1700-2100 °C ja üle 10 °C kasvupäevade arv on 130-170 päeva.

4.3 Sademed

Kevadest kuni koristusperioodi alguseni vajab humal vett umbes 700-800 mm, et tagada optimaalne saak ja kvaliteet. Piirkondades, kus on sademeid vähem, tuleb mulla piisava niiskuse säilitamiseks kasutada niisutussüsteemi. (Trnka et al., 2008; Hlavinka et al., 2009 ref Amoriello 2019). Olenevalt aastast on Eestis aasta keskmine sademete hulk umbes 550-750 mm. Mai kuni septembri sademetekogus on ligikaudu 300-350 mm.

5. HUMALA SORDIARETUSE TRENDID

Humala sordiaretus on klassikaliste ja molekulaarsete meetodite arendamise ja rakendamise varajases staadiumis, võrreldes teiste enam levinud kultuurtaimedega. Aretustegevus on veel komplitseeritud ja takistatud, kuna humalat kasvatatakse vähe, samuti lõhna- ja maitseainete biokeemiline keerukus ning vajadus säilitada lõpptoota kvaliteeti aastast aastasse (Henning, 2006).

Humala aretusprogrammid on üha enam huvitatud metsikute humalate omadustest ja erinevates kliimastikutingimustes kasvavatest taimedest. Näiteks, Itaalias tehtud uuringu põhjal oli metsikult kasvavate taimede saagikus ($636\text{--}2491\text{ kg ha}^{-1}$) tunduvalt suurem kui kaubanduslikel eesmärkidel kasvatavatel sortidel ($277\text{--}1442\text{ kg ha}^{-1}$). Kuigi eeterlike õlide sisaldus oli metsikus humalas madalam, näitab uuring, et taimede fütokeemilise varieeruvuse tõttu võib uute sortide aretamiseks ja olemasolevate sortide parandamiseks kasutada ka looduses metsikult kasvavaid taimi (Mongelli jt, 2016).

Humalaaretuse põhilised eesmärgid on parandada saagikust, haiguskindlust ja mõruhapete sisaldust. Mõruhapete sisaldus on üks kõige olulisemaid kvaliteediparameetreid, kuna see iseloomustab õlle maitset. Humalasorte klassifitseeritakse α -hapete sisalduse järgi: aroomisort (kõrge eeterlike õlide sisaldus ja madal α -hapete sisaldus), mõrusort (kõrge α -hapete sisaldus) ja 2-otstarbeline sort (kasutatakse nii mõruduse kui aroomi saamiseks) (Cerenak jt, 2009).

Tavalise aretuspraktika kohaselt hinnatakse esimestel aastatel uusi ristatud humalaid eelkõige haiguste resistentsuse, kasvu intensiivsuse, käbide kuju ja keerdumisvõime osas. Uued varred peaksid iseseisvalt tugisüsteemi leidma ja selle külge haakuma. Võib kuluda veel neli aastat enne, kui uusi ristatud taimi hakatakse hindama nende maitse- ja aroomiomaduste järgi katsepruulikodades. Alles seitsmendal või kaheksandal aastal hakatakse tegema kasvukatseid, et näha, kuidas taim erinevatel muldadel ja agrotehnoloogiate korral saaki annab. Igal aastal võib sadadest ristamistest tootmisesse jõuda ainult üks, kaks või üldse mitte ühtegi sorti (Cerenak jt, 2009).

Kõik aretussuunad ei püüdle ainult kõrgemate α -hapete sisalduste poole. 2006. aastal algatati Saksamaal, Huelli uurimiskeskuses programm, mis on suunatud käsitööõlledes pruulijatele. Eesmärgiks on arendada sorte, millel on eristatavad puuvilja, tsitruseliste, lillede ja muud eksootilised lõhna- ja maitseomadused. Lisaks spetsiifilistele ristamistele otsiti ka varasematest kõrgemate α -hapete sisaldustega taimede aretamisest taimi, millel olid puuvilja- ja eksootiliste taimede aroomide tunnuseid (Lutz jt, 2013).

Üks oluline aretussuund on ka kääbushumala (*dwarf hops*) aretamine. Kääbushumalat kasvatatakse rohkem Inglismaal. Kuna kääbushumalal on võrreldes tavalise humalaga lühem sõlmevahe, siis kasvatatakse neid 2-3 meetri kõrgustel tugisüsteemidel. Sellega kaasnevad madalamad istanduse rajamise ja töökulud. Näiteks, kääbushumala taimi ei pea ronima "õpetama", vaid madalad tugisüsteemid on ehitatud nii, et taim leiab kergesti toe, mille najal üles ronida. Lisaks on kääbussortide eelis madalamad kulud taimekaitsevahenditele ja tööjõule. Koristusel ei ole taimi vaja maha lõigata, ega kuskile transportida, vaid käbisid saab koristada taimedelt otse põllult (Darby, 2004). Kääbushumal on istanduste rajamise ja tööjõukulude vähenemise tõttu hinnatud. Kuna hetkel on turul enamasti madalate mõruhapete sisaldusega sordid, siis püüdlevad aretjad kääbussortide kõrgemate mõruhapete sisalduste poole. Tavaliste sortide kasvatamisel madalatel tugisüsteemidel täheldati 40-60%list saagikuse kadu. Põhiline aretustöö on suunatud mõruhapete sisalduse tõstmisele ja kahjuri- ja haigusresistentsuse suurendamisele, säilitades samal ajal madalat biomassi. Eeldatavalt võib suurte mõruhapete sisaldustega kääbushumalaid turule oodata aastatel 2020-2025 (Seigner jt, 2009).

6. HUMALA KASVATUSTEHNOLOGIA

6.1 Istanduste rajamine

Euroopas kasvatatakse humalat kõige levinumalt tugisüsteemidel. Näiteks, 6-7 meetriste betoon- või puitpostide külge riputatakse kaabel, millele omakorda riputatakse nõörid. Taimede ja ridade vahekaugused sõltuvad sortidest ja kasvupinnast. Ridade vaheline kaugus on tavaliselt 2-3 meetrit ja taimede kaugus reas ligikaudu 1-2 meetrit (Friskovec et al., 2002 ref Pavlovic, 2012). Tugisüsteemid tagavad selle, et taim ei kasvaks mööda maad. Humal võib kasvada ka ilma toeta, kuid see võib põhjustada kasvavate varte ümber suure umbrohtumuse, mis takistab humala vegetatiivset kasvu ning mida on raske kontrolli alla saada. Lisaks tarbivad umbrohud taime ümbritsevast pinnasest toitaineid ja põhjustavad kahjurite levikut, mis võivad humalakäbisid kahjustada (Eyck, Gehring, 2016).

6.2 Istutamine

Humal istutatakse aprilli lõpus või mai alguses. Paljud kasvatajad harivad põllul ainult neid ridasid, kus taimed kasvavad, vähendades selliselt muldade erosiooni ja soodustades kasulike putukate elupaikade teket (Sirrinen, 2009).

Humal võib kasvada sama risoomiga üle 25 aasta, kuid humalakasvandustes on tavaks risoomid välja vahetada 15-20 aasta tagant. Risoom vahetatakse välja, kui taim on putukate, haiguste või kahjurite poolt kahjustatud ja kaasneb saagikuse langus (Dolinar jt, 2002 ref Pavlovic, 2012) või kui muutub õlletootjate ning tarbijate nõudlus mingite sortide järele (Barth ja Meier, 2010 ref Pavlovic, 2012).

Peamised tööülesanded humalakasvatamisel hõlmavad taimede kärpimist, tugisüsteemide paigaldamist, taimede treenimist ronimiseks, niisutamist, taimekaitset kahjurite ja haiguste vastu, saagikoristust, kuivatamist ja eeltöötlemist (Pavlovic, 1997 ref Pavlovic, 2012).

6.3 Väetamine

Humala väetamisel kehtib sama põhimõte mis teistegi kultuuride puhul. Taimse biomassi moodustumise ja selle koristamisega mullast eemaldatud toitaineid tuleb samaväärses koguses tagastada.

Kõrge saagikusega humalaistandus võib mullast lämmastikku eemaldada ligikaudu 110-170 kg ha⁻¹ a⁻¹. Parim aeg lämmastiku andmiseks on vegetatiivse kasvu ajal, kui vars kasvab ja külgharud hakkavad tekkima. Lämmastiku liiga vähesel andmisel taime kasv halveneb ja saak jääb madalaks. Üleväetamisel tuleb arvestada lämmastiku leostumisega ja suuremate kuludega (Takle, Cochran, 2017). Esimesel kasvuaastal antakse lämmastikku 80-90 kg ha⁻¹. Lämmastikväetamine toimub eelistatult kahes osas. Esimene väetamine tehakse kevadel ja teine umbes 5 nädala pärast (Cochran, 2016). Väetamisel tuleb arvestada, kui palju on muld saanud lämmastikku orgaanilise väetisena.

Fosforit eemaldab humal 20-35 kg ha⁻¹ ja kaaliumit 90-170 kg ha⁻¹. 75% taime kaaliumivarudest asub vartes ja lehtedes. Seega, kui varred ja lehed purustatakse ja viiakse tagasi kasvupinnasesse, vähendab see vajadust täiendavate väetiste kasutamise järele (Gingrich jt, 2000).

6.4 Humala haigused ja kahjurid

Suuremates tootmispiirkondades levib humalataimedel mitmeid haigusi ja kahjureid, millega tuleks iga-aastaselt tegeleda võimalikult varajases staadiumis, eelistades erinevaid integreeritud taimekaitsemeetodeid ning kasutades istutusmaterjalina haigustele vastupidavamaid sorte.

Humala levinumad haigused on ebajahukaste (*Pseudoperonospora humuli*), jahukaste (*Sphaerotheca humuli*) ja närbumistõbi (*Verticillium*). Ebajahukaste (Joonis 4) puhul on õied tihti nakatunud, kui õitsemine toimub niiske ilmaga. Nakatunud õied muutuvad pruunideks, närtsivad ja sageli langevad taimelt. Kui noored käbid nakatuvad, lakkavad nad kasvamast ja muutuvad pruuniks. Ebajahukaste aitab kaasa juuremädanikule ja juurte väljasuremisele. Juurte mädanemised ja väljasuremised tekivad tihti peale ebajahukaste puhanguid (Brooks, 1961).



Joonis 4. Ebajahukaste. (Quesada-Ocampo, 2018)

Jahukaste ilmub lehtedel valgete laikudena. Jahukaste ilmub hooaja lõpus, kui tekivad punased talvituvad eosed. Haigusel ei ole väga suurt mõju taime vegetatiivsele kasvule, kuid tekitab käbide nakatumisel suuri kahjusid. Samuti muutub siis käbide mõruhapete sisaldus (*Plant Disease Diagnostic Clinic*, 2019). Probleem on suurem siis, kui maa jäetakse harimata ja haigusega nakatunud taimed jäetakse põllule (Briggs jt, 2004).

Närbumistõve (Joonis 5) korral tekivad taimede lehtedel kollased laigud, mis rakkude suremisel muutuvad mustadeks. Samuti on taime varre alumine 1,2-1,5 meetrit paisunud ja võib eralduda. Närbumistõbi võib põhjustada suurt saagikadu. Haigus levib teistele taimedele nakatunud taimede varisega või kui inimene kannab seda edasi oma riietega või masinatega (Briggs jt, 2004).



Joonis 5. Närbumistõbi. (Gent jt, 2012)

Humala viirused (*Hop latent virus*, *American hop latent virus*) ja humala mosaiikviirus kuuluvad *Carlavirus* perekonda ja põhjustavad humalal mitmeid haiguseid. Õuna mosaiikviirus on kõige tavalisem viirus. Viirusega nakatunud taimede käbisaagikus ja mõruhapete sisaldus on oluliselt madalam. Viirused levivad tavaliselt seadmete või putukate kaudu ja nendega võitlemiseks tuleb kasutada puhast paljundusmaterjali või haigestunud taimed koheselt välja vahetada (Marks, Gevens, 2014). Levinumad kahjurid on humala lehetäi (*Phorodon humuli* Schrank) ja punane kedriklest (*Tetranychus urticae* Koch). Mõlemad toituvad peamiselt lehemahladest, misjärel lehed närbuvad ja taim nõrgeneb. Suured kahjustused põhjustavad lehtede kuivamist ja mahalangemist, mis omakorda vähendab saagikust (Infante-Casella, Bamka, 2017). Humalataimedel esineb vähemalt 40 erinevat liiki kahjureid, kuid erinevalt lehetäist ja kedriklestadest ei tekita nad tavaliselt suuri kahjusid (Briggs jt, 2004).

Saamaks kvaliteetset saaki, tuleb tagada taimedele stressivaba kasvukeskkond. Haiguste või kahjurite korral tuleks koheselt reageerida ja piirata nende edasine levik. Viiruste vastu aitab puhas paljundusmaterjal ja kahjurite avastamisel tuleb koheselt teha kahjuritõrjet.

6.5 Koristus ja kuivatamine

Humala koristusaeg kestab tavaliselt 2 nädalat. Olenevalt sordist ja asukohast, toimub koristus augusti lõpu ja septembri keskpaiga vahel. Koristuse alguse määrab siiski käbide valmimine ja koristuse läbiviimise võimekus. Eeldatavalt väga suure saagikuse korral hakatakse koristama ka natuke enne käbide täisküpsust (Brooks, 1961).

Kõige laialdasemalt kasutatud koristusviis toimib nii, et humal lõigatakse traktori abiga ülevalt tugisüsteemilt ja alt lahti. Seejärel taim kukub traktori ees sõitvale autole või kärru. Seejärel transporditakse terved taimed statsionaarsesse humalasorteereri, mis eemaldab taimedelt käbid ja purustab varred ja lehed. Purustatud biomass puistatakse tagasi põllule. Väiksemad humalakasvatajad koristavad käbisid, kas käsitsi või väiksemate järelveetavate sorteeridega.

Värskelt koristatud käbide niiskus on ligikaudu 80%. See viiakse spetsiaalsetes kuivatusruumides 8-12%ni. Enamikus kaasaegsetes põletusahjudes kasutatavad energiaallikad on fossiilkütused, näiteks kivisüsi või gaas. Puhas õhk saavutatakse katla ja soojusülekanandesüsteemi abil, tagamaks, et humalat ei rikuks suits ega heitgaasid. Suured ventilaatorid puhuvad soojendatud õhku kambritesse, mille kohal asuvad kuivatusalused. Soe õhk liigub läbi mitmete kihtide kuivatusaluste, kuivatades seeläbi mitmeid kihte korraga. Kui alumine kiht saavutab õige niiskusesisalduse, siis see eemaldatakse ahjust, avatakse peal oleva aluse põrand ning niiskem kogus humalat kukub alumisele kihile. See tagab pideva kuivatamise protsessi (Dodds, 2017).

7. HUMALAKASVATUS LÄHIRIIKIDES

Humalat kasvatatakse 14 Euroopa Liidu riigis, millest Saksamaa moodustab 60%. Teised põhilised kasvatajad Euroopa Liidus on Tšehhi, Poola ja Sloveenia. Põhja-Euroopas on tootmine väga väike ja Eestis humalaistandusi ei ole.

Tabel 1. Humala kasvatamise pindala ja saak Euroopas (Barth Haas group, 2018)

Riik	Pindala (ha)	Saak (t)
Saksamaa	20144	41794
Tšehhi	5020	5126
Poola	1662	3208
Sloveenia	1667	3078
Inglismaa	965	1378
Hispaania	543	887
Prantsusmaa	498	864
Rumeenia	277	215
Austria	256	447
Belgia	182	282
Slovakkia	138	122
Bulgaaria	37	54
Portugal	12	18
Holland	4	1
Kokku Euroopas	31405	57474

Rootsis koguvad väike- ja kodutootjate hulgas kuulsust nn naturaliseeritud sordid, mis on inimtekkeliselt loodusesse sattunud ja seal kohanenud. Tuntumad on neist Näs” (Uppland piirkond), “Hulla Norrgård” (Södermanland) ja “Korsta” (Medelpad). Nende naturaliseeritud

humalate eeliseks on varajasem küpsus. Suuremad õlletööstused on samuti näidanud üles huvi kohaliku humala vastu, kuid enamuse toorainest tuleb siiski välismaalt. 2017. aastal importis Rootsi 6,4 miljoni euro väärtuses humalat, aga eksportis 78 000 euro väärtuses. Suur impordikogus tuleneb käsitööõllede tootjate vajadustest ja väikeõlletehaste nõudluse kasvust. Alates 1990. aastast on Rootsis rajatud üle 300 õlletehase. Alates 1997. aastast on humala kasutamine tõusnud umbes 20% aastas (Tridge, 2018), mis on tingitud Rootsi väikeõlletehaste kasvust ja nõudlusest humalapõhiste õlleliikide järele (Mejia, 2019).

Erinevalt varasematest aegadest, ei kasvatata Leedus humalat kaubanduslikel eesmärkidel, aga mõned koduõlletootjad kasutavad endiselt Leedus kasvatatud humalat. Kodutootjad lisavad õllele koguseliselt rohkem humalat, kuna Leedus kasvav metsik humal annab kultuursortidest oluliselt vähem saaki ja on madalama kvaliteediga (nt vähem mõruhappeid). Sõdadevahelisel perioodil oli Leedul 6 kohalikku sorti, mida säilitatakse teadlaste poolt kohalikus geenipangas. Euroopa Liiduga ühinemisel proovis Leedu saada toetusi humalakasvatamiseks, kuid tulutult. Kaunase Ülikooli teadlaste poolt on neid vanu sorte ja ka metsikult kasvavat humalat analüüsitud. Sordinimekirjas kõrge α -hapete sisaldusega sortidena olid vanade sortide α -hapete sisaldused 0,9-2,5%, mis on kultuursortide vastavate näitajatega võrreldes väga madalad. Näiteks, Saksamaal kasvatatavad aroomisordid sisaldavad juba 3,5-5% mõruhappeid ja uuemad USA sordid lausa 7-15%. Leedu vanade sortide β -hapete sisaldused olid 5-8% ja metsikutes taimedes 1-3,5% (Garshol, 2014).

Poola humalakasvatus ulatub 9. sajandisse. Keskajal kasvatati humalat kohalike õlletööstuste jaoks. II maailmasõja ajal hävines humalakasvatus peaaegu täielikult, kuid on tänaseks hästi taastunud (Haunold, 1981). Poolas kasvatatakse mitmeid sorte, kuid kõige populaarsem on sort Lublin, mis on varavalmiv ja väga meeldiva aroomiga. Saagikus on keskmiselt 1-1,3 t ha⁻¹, α -hapete sisaldus vahemikus 3-5% ja β -hapete sisaldus 4-5%.

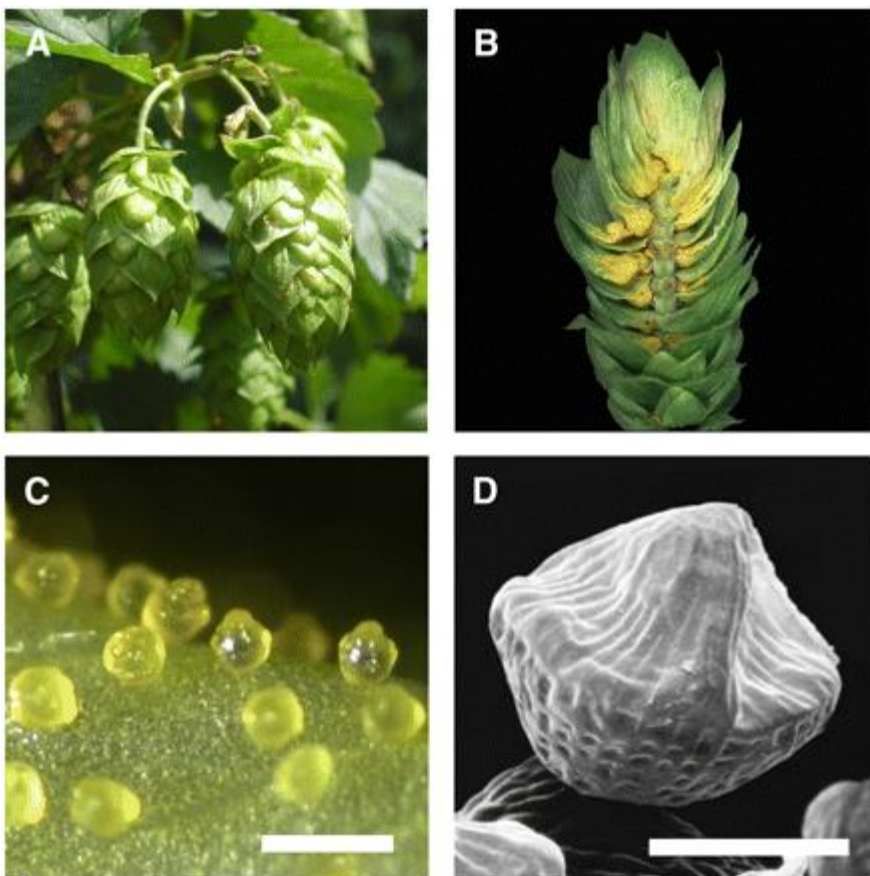
Tšehhi on Saksamaa järel üks suurimaid humalatootjaid Euroopa Liidus. 2018. aastal kasvatati humalat 5020 ha ja toodangut saadi 5126 t. (Tabel 1). Tšehhi humalakasvatamise traditsioon on enam kui 1000 aastat. Humalakasvatus on Tšehhis koondunud peamiselt kolme piirkonda- Žatec, Ústěck ja Tršice, millest suurim on Žatec-i piirkond. Kõige enam kasvatatav sort on Saaz, mida kasvatati 2018. aastal 86% kogu Tšehhi humalakasvatustest. Teised sordid on Sladek, Preinant, Agnus ja Kazbek (Mikyška, Jurkova, 2019). Saaz on madala mõruhapete sisaldusega

(α -happeid- 2,5-4%, β -happeid 4-6%) aroomisort ja seepärast kasutatakse seda rohkem aroomi saamiseks kui õllele mõruduse lisamiseks.

Samuti on Soomes kohalikud õlletootjad näidanud huvi kodumaal kasvatatud sortide vastu. Oluline põhjus selleks on, et välismaised kõrge saagikusega sordid ei ole harjunud põhjamaise kliimaga. Seega tuleb kogu õlletööstuseks vajaminev humal välismaalt. Seoses sellega on tekkinud küsimus, kas ei oleks võimalik vanade kodumaiste sortide või metsikute taimede seast leida sobivaid genotüüpe Soomes kasvatamiseks. Kui see õnnestub, ei paku see õlletootjatele ja kaupmeestele ainult Soomes kasvatatud humalat, vaid ka Soome geneetilise päritoluga humalat (Ruth, 2018). Aastatel 2014-2018 läbiviidud uuringu raames paluti inimestel saata teadusasutusele LUKE (*Natural Resources Institute Finland*) looduses ja koduaedades leiduvate humalataimede lehti ja käbisid. Koguti üle 1300 proovi. Uuringu läbiviijate sõnul leiti saadetud proovidest 260 geneetiliselt ainulaadset taime, mida mujal maailmas pole. Lisaks uuriti veel ka käbide sobilikkust õlletööstusele ja leiti mõned proovid, mis meenutavad oma aromaatsete tunnuste poolest hinnatud kultuursorte. Kõikidest saadetud proovidest valiti 26 proovi edasisteks uuringuteks, millest omakorda 21 proovi valiti välja haiguste ja paljundamiskatseteks. Paari aasta pärast loodetakse kohalikke sorte müüa puukoolidele ja kasvatada põldudel, kuid selleks on vaja teha veel kasvatamise ja õlletootmise uuringuid. 2018. aasta seisuga oli Põhjamaade Geenipanga nimekirjas 19 Soome humalasorti (*Natural resources institute Finland*, 2019).

8. MÕRUHAPETE JA EETERLIKE ÕLIDE OLEMUS JA SÜNTEES TAIMES

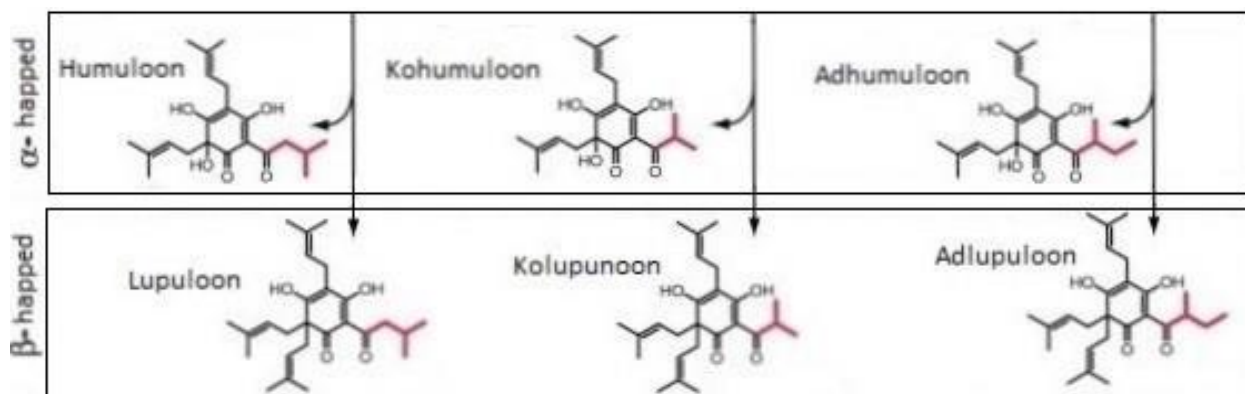
Humalat kasvatatakse peamiselt õlletööstustele tema mõrudust ja aroomi andvate omaduste poolest. Emastaime käbides moodustuvad lupuliininäärmed (joonis 6), milles sünteesitakse ja kogutakse mõruhapped ja eeterlikud õlid (mono- ja sekviterpeenid) (Almaguer jt, 2014). Lisaks lupuliininäärmetele moodustuvad mõruhapped ka väiksetes näärmekarvades (trihhoomides) ja seetõttu vähesel määral lehtedes (Menary, Doe 1983 ref. Flythe jt, 2017).



Joonis 6. Humalakäbid ja lupuliininäärmed. A) Humalakäbid, B) Humalakäbi pikiläbilõige (kollasena lipuliin), C) Valgusmikroskoobi foto küpsetest lupuliininäärmetest (joon = 500 μm), D) SEM foto küpsest lupuliininäärdest (joon = 100 μm) (Flythe jt, 2017).

Mõruhapped sisalduvad vaigufraktsioonis, mis jaotub kõvadeks ja pehmeteks vaikudeks. Õlletööstustele on tähtis pehmete vaikude fraktsioonid, kuna sisaldavas endas mõruhappeid, mis annavad õllele loomuomase mõruduse. Kõvad vaigufraktsioonid on heksaanis lahustumatud ja koosnevad peamiselt pehmete vaikude oksüdatsiooniproduktidest. Need moodustuvad peamiselt humalakäbide küpsemisel, koristusjärgsel töötlemisel ja hoiustamisel. Kõvad vaigud sisaldavad ksantohumooli, mis on humalas enim esinev prenüleeritud flavonoid. Pehmed vaigud lahustuvad heksaanis ja sisaldavad α - ja β -happeid. Olenevalt sordist, sisaldab kuivatatud humalakäbi 2-17% α -happeid ja 2-10% β -happeid (Olšovska jt, 2016).

Enam levinud α -happed (Joonis 7) on humuloon, kohumuloon ja adhumuloon ja peamised β -happed on lupuloon, kolupuloon ja adlupuloon (Danenhower, 2008).



Joonis 7. α - ja β -hapete struktuur (Clark jt, 2013)

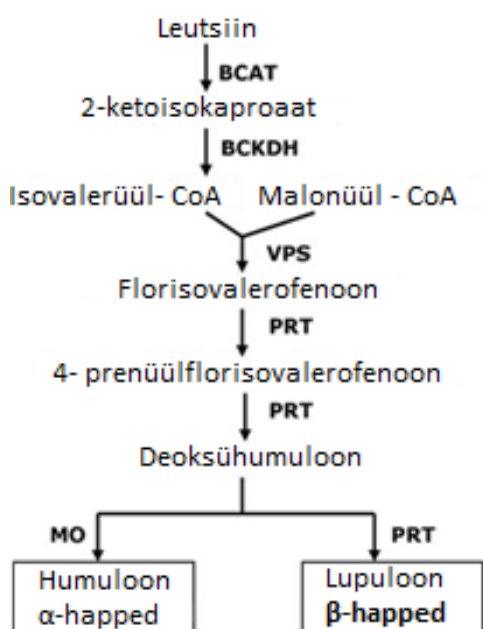
Humalas on kõige hinnatumad mörudust andvad α -happed. Humalas on kolm erinevat α -hapet, mis erinevad külghelate struktuuri poolest. α -happed isomeriseeritakse iso- α -hapeteks, mis virde keemisel lahustuvad paremini ja suurendavad mörudust. Igal iso- α -happel on kaks isomeeri (*cis* ja *trans*). Kõigil kuuel α -happe isomeeril on erinevad mörudusintensiivsused. Üldiselt arvatakse, et humalas peaks olema suhteliselt madal kohumulooni sisaldus, kuna see võib tekitada õllele ebameeldivalt terava kibeduse. Peale möruduse suurendamise on α -hapetel veel tugevad antimikroobsed omadused ja samuti pärsvad need paljusid *gram*-positiivsete ja –negatiivsete bakterite kasvu (C.W. Bamforth 2003).

β -happed erinevad struktuurilt α -hapetest selle poolest, et neil on lisaks üks isoprenüülrühm (Farag, Wessjohann, 2013) ja sellepärast ei ole need võimelised tootma erinevaid isomeere. Seetõttu on β -happed vees vähem lahustuvad kui α -happed. Seetõttu lenduvad need pruulimisel keetmise käigus kiiresti (Olšovska jt, 2016). β -happed on oma olemuselt aromaatsed ja pakuvad õllele samuti antimikroobset toimet, aidates õlledel kauem säilida. Need happed pakuvad võimalusi toiduainetööstuses alternatiivseteks kasutusvaldkondadeks säilitusainetena ning suhkru- ja etanoolitootmisel kasutatavate asendajatena (Eby 2011).

Humala eeterlikud õlid annavad humalale iseloomuliku lõhna ning õllele maitset ja aroomi. Humala eeterliku õli sisaldus ja keemiline profiil oleneb suuresti sordist, geograafilisest asukohast, koristuse ajast ja ladustamise kestvusest. Liiga pikal ladustamisel võivad eeterlikud õlid oksüdeeruda ja vaigustuda, mille tagajärjel võivad eeterlike õlide kaod olla üle 30%. Kuivatatud humalakäbi sisaldab endas 0,5-3% eeterlikke õlisid, mis koosnevad peamiselt mürtsenist, α -humuleenist, β -karüofülleenist ja β -farneseenist (Jeliazkova jt, 2018).

Erinevate keemiliste ühendite süntees toimub taimedes tavaliselt mitmete biosünteesiradade kaudu, kus ensüümid aitavad taime jaoks oluliste ühendite moodustumist etapp-haaval läbi viia.

Selliste sünteesiradade tundmine annab olulist infot, kuidas huvialuste ühendite sisaldus taimes muutuda võiks. Näiteks, sünteesiraja lõpus olevate ühendite suurem sisaldus on seotud pikema küpsusperioodiga. Mõruhapete biosünteesi humalas on uuritud selleks, et muuta nende ühendite sisaldust õlletööstuse jaoks sobivale tasemele. Joonisel 8 on toodud mõruhapete sünteesirada humalataimes (leutsiin – lupuloon-humuloon näitel).



Joonis 8. Mõruhapete sünteesirada humalataimes. (Mishra jt, 2018)

Üldiselt on teada, et kõikide sekundaarsete metaboliitide (eeterlikud õlid (terpeenid), α - ja β -happed) ehitusüksused saadakse mevalonaadi sünteesiraja kaudu. Humala α - ja β -hapete iseloomulik atsüülrühm saadakse aminohapetest leutsiin, isoleutsiin ja valiin.

9. MÕRUHAPETE SISALDUS JA SELLE VARIEERUMINE

Humalataimede α - ja β -hapete sisalduse ja koostise uurimine on keeruline, kuna humala sordiaretusega on vähe tegeletud (võrreldes levinumate kultuurtaimedega), esineb suur hulk laia variatsiooniga metsikute või vanade kultuursortide genotüüpe ning sekundaarsed metaboliidid reageerivad paljudele keskkonnateguritele. Teisest küljest loob see head eeldused väga mitmekesiste omadustega uute sortide saamiseks tulevikus.

Mõruhapete sisalduse üheks oluliseimaks mõjutajaks on kindlasti genotüüp, kuid sekundaarsete metaboliitide kvantiteeti ja kvaliteeti võivad oluliselt muuta ka mitmed keskkonnategurid (Tabel 2), nagu sademed, kasvuperioodi pikkus, ilmastikutingimused küpsusperioodil, toitainete saadavus, kahjurite ja haiguste esinemine, emastaimede tolmeldamine ning lisaks veel koristusjärgsed meetodid.

Näiteks, Belgias viidi aastatel 2003-2005 läbi katse sademete koguse mõju kohta mõruhapete sisaldusele 3 humala kultuursordil. Katsest selgus, et kõige suuremat mõju mõruhapete sisalduse varieerumisele avaldas sademete vähesus. Kasvuperioodil (juuli-august) sademete kõikumisega 38 mm kuni 305 mm kaasnes ligikaudu 4-5%line α -hapete sisalduse varieerumine (sordi *First Gold* α -hapete sisaldus 1,8-7,1%). β -hapete sisaldus varieerus ligikaudu 3-4% võrra (sordi *Wye Challenger* puhul 2-6,5%). Kõikide katses olnud sortide puhul saadi madalaimad tulemused väiksema sademete kogusega aastal (Keukeleire jt, 2006).

Ameerika Ühendriikides (Washingtoni ja Oregoni osariikides) viidi aastatel 2014-2018 läbi humalataimede väetuskatse. Katses kasutati lämmastikväetise koguseid 45, 90, 180 ja 270 kg ha⁻¹. Kõik tehtud katsed näitasid, et kõige suurema lämmastikunormi juures (270 kg ha⁻¹) oli α -hapete sisaldus kõige madalam. Optimaalseks N-väetise tasemeks osutus 90 kg ha⁻¹. α -hapete sisaldus varieerus tavasortidel 4,4-6,4% ja kõrge α -happe sisaldusega sordil vahemikus 18,5-19,7 % (Iskra jt, 2019).

Kui kultuursortide mõruhapete sisaldust kasutatakse juba sordiaretuses tunnusena, määratakse regulaarselt kasvuaastatel ja hoitakse ühtsete agrotehnoloogiliste võtetega teatud tasemel, siis metsikult kasvavas humalas on mõruhapete sisaldust keerulisem määrata ning see muutub kõikuvamate keskkonnatingimuste ja geenitriivi tõttu suuremates piirides.

Tabel 2. Humala mõruhapete sisalduse varieerumine

Katsekoht	Katsevariandid	α -happed (%)	β -happed (%)	Kommentaar	Viide
USA, suurte jõgede kaldad	Metsikute sortide võrdlus (1989, 2001)	2,04-6,1	2,2-4,21	Geenitriivist tingitud keemilise koostise muutused putukate ja patogeenidega võitlemiseks	Hampton, 2002
Kanada, Euroopa, Kaukaasia	Metsikute taimede võrdlus	0,36-5,11	0,43-6,66	Uute genotüüpide otsimine, et laiendada humalakasvatuse geneetiliste ressursside varieeruvust	Patzak jt, 2010
Ida-Kanada rannik	61 metsikult kasvava taime võrdlus (2015-2017)	1,7-9,38	2,12-12	Metsikult kasvavate humalate fütokeemilised omadused on tähtsad uute sortide aretamisel	McCallum jt, 2019
Tšehhi	Kohalike sortide geneetiline seotus teiste maailma sama kategooria humalatega. Aroomisort, 2-otstarbeline sort Kõrge α -hapete sisaldusega humalad	3,2-7,1 6,4-11,1 10,3-17,5	2,1-7,8 3,7-5,6 4,0-10,7	Kohalikud aroomi-, mõruduse- ja kõrge α -hapete sisaldusega sordid on geneetiliselt seotud teiste maailmas olevate samasse kategooriasse liigitatud humalasortidega	Krofta, 2003

USA, humalaistandus Yakimas	Aroomisordi (Cascade) mõruhapete muutused koristusperioodil 2014-2016	4,4-5,79	5,81-8,5	Mõruhapete muutusi koristusperioodil ei esinenud tõenäoliselt katsete vähesuse tõttu	Lafontaine jt, 2019
Saksamaa	Aroomisordi (Hallertauer M.) mõruhapete muutused koristusperioodil	3,67-6,45	3,80-6,46	Hilisemal koristusel tõuseb mõruhapete sisaldus	Bailey jt, 2009
Ukraina	3 kohaliku sordi pruulimiskatsed Aroomisort (Slavyanka) Mõrusordid (Ruslan ja Xantha)	4,5-7,5 8,2-11,1	6,0-10,0 4,8-6,8	Kombineerides aroomisorte ja mõrusorte pruulimisel, saab tõsta õlles iso- α -hapete sisaldust,	Protsenko jt, 2018
Rumeenia	Levinud sortide mõruhapete võrdlused erinevatel aastatel Kõrge α -hapete sisaldusega sort (Magnum) Aroomisordid (Aroma ja Hüller Bitterer)	9,12-17,16 4,47-10,71	7,67-11,0 2,73-6,71	Mõruhapete sisaldus sõltus taimede fenofaasist ja koristamise aastast	Salanta jt, 2015
USA, Washington ja Oregon	Väetamiskatse. N-väetise kogused (45 -270 kg ha ⁻¹) Kõrge α - hapete sisaldusega sort (Tomahawk) Aroomisort	18,5-19,7 4,4-6,4	5,3-5,6 3,0-3,8	Optimaalseks lämmastiku koguseks kujunes 90 kg/ha	Iskra jt, 2019

	(Willamette)				
Tšehhi	Lupuliininäärmete suuruse ja arvukuse mõju mõruhapetele Aroomisort	3,78-6,49	2,5-4,67	Lupuliininäärmete suurus ja arvukus mõjutab mõruhapete sisaldust kääbides	Patzak jt, 2015
	2-otstarbeline sort	10,25-14,35	5,28-8,55		
	Mõrusort	14,44-14,65	8,15-8,24		
Sloveenia	Sademetete mõju mõruhapete sisaldusele 2-otstarbeline sort	5,9-10,1	-	Sademetete vähesus (300 mm) vegetatsiooniperioodil mõjutab mõruhapete sisaldusi oluliselt.	Pavlovic jt, 2012

Patzak jt (Patzak, 2010) viisid läbi väga mahuka uuringu metsikute humalataimede mõruhapete sisalduse määramiseks. Looduses kasvavaid metsikuid taimi koguti Kanadast (62), Kaukaasiast (58), Tšehhist, Prantsusmaalt ja Šveitsist (kokku 104) ning võrdluseks USA geenipangast pärit metsiku humala genotüübid (27). Kogutud taimed pandi põldkatsena kasvama ning uuriti nende mõruhapete sisaldusi. Kanadas varieerusid metsikult kasvavate humalate α -hapete sisaldused 0,36-5,11% ja β -happed 0,43-6,66%. Kaukaasia ja Euroopa metsikutes humalates oli α -hapete sisaldus 0,85-3,65% ja β -happed 1,22-4,81%. Metsikul humalal määravad mõruhapete sisalduse eelkõige keskkonnamõjurid nagu ilmastikuolud, nakkused ja kahjurid (Patzak jt, 2010).

Ka Eestis viidi 2019. aastal läbi katse (Ajaots, 2019), kus määrati Eestis metsikute humalate mõruhapete sisaldust. Katses koguti Lõuna-Eestist 4 kasvukohast humalataimed ning määrati nende α - ja β -hapete sisaldus. Keskmisteks tulemusteks saadi α -happeid 1,51% ja β -happeid 2,6%. Lisaks määrati sama katse raames võrdluseks ka tuntud kultuursortide 'Pioneer', 'Cascade' ja 'First gold' (pärisid katmikalt Šotimaalt ja avamaalt Inglismaalt) mõruhapete sisaldusi. Avamaal varieerusid α -hapete sisaldused 4,9-7,1% vahel ja katmikalt 4,7-8,3% vahel.

Võrreldes muude tulemustega metsikute humalasortide α -hapete sisalduse kohta (Patzak jt, 2010) on Eesti humalataimedes määratud α -hapete sisaldus madalam, kuid tuleb arvestada, et Eestist määratud proovide arv oli väga väike.

2017. aastal Soome teadusasutusele (LUKE) saadetud looduses ja koduaedades kasvavates humalakäbides olid α -hapete sisaldused keskmiselt 2,6%, kuid osad proovid sisaldasid α -happeid ka üle 10%. β -happeid leidis keskmiselt 3% ja maksimaalne tulemus oli 10% (Pihlava, 2020). Saadetud proovid olid ilmselt tolmeldatud, liiga hilja kogutud või ebapiisavalt kuivatatud, kuid tulemused näitasid, et osad saadetud proovid meenutasid oma aroomiprofiili poolest levinumaid kultuursorte (*Natural resources institute Finland*, 2019).

Sloveenias tehtud katse (1994-2009) tulemustest ilmnes, et kõige suuremat mõju mõruhapete sisaldusele avaldas õitsemisaegne vähene sademete kogus. Sademete mõju hakkab langema peale õitsemist, kui taim hakkab käbisid moodustama. α -hapete sisaldused varieerusid 5,9-10,1% vahel, kus kõige madalama α -hapete mõõtmisel oli sademeid tervel vegetatsiooniperioodil ainult 316,9 mm (Pavlovic jt, 2012). Thomase (Thomas, 1980) poolt läbiviidud katsest ilmnes, et kõige suurem mõju α -hapete sisaldusele oli juunikuise temperatuuril (sõltuvalt kasvukohast). Kui sellel aktiivse vegetatiivse kasvu ajal on ööpäevane keskmine temperatuur 10 °C, siis α -hapete sisaldus oli ligikaudu 2%, võrreldes temperatuuriga 15 °C, kui α -hapete sisaldus oli 7,5%. Kuid tuleb arvesse võtta, et antud katses ei arvestatud sademeid, mis mõjutavad oluliselt mõruhapete sisaldust.

Oluline tootmisetapp, mis võib mõruhapete sisaldust muuta, on koristatud humalasaagi hoiustamine ja säilitamine. Ühes katses hoiustati humalagraanuleid õhukindlalt temperatuuril +2°C ning α -hapete sisaldus ei muutunud peale aastast hoiustamist. +20°C juures õhukindlalt hoiustatud graanulites langes α -hapete sisaldus peale kahte kuud 5-9% ja peale 6. kuud oli langus 5,5-12% olenevalt sordist. Ilma pakendamata graanulite hoiustamine +20°C juures oli α -hapete langus peale 6. kuud 20-27%. Peale aastast hoiustamist langes α -hapete tase lausa 64-88%. β -hapete sisaldus õhuvabalt pakendamisel märgatavalt ei muutunud. Sõltumata säilitamistemperatuurist, muutusid kõikide sortide β -hapete sisaldused kuni 2% peale aastast seismist. Õhukindlalt pakendamata graanulites oli β -hapete langus 6-kuulise hoiustamise järel 8-12%, kuid järgneval kuuel kuul täheldati β -hapete kiiret langust. Pärast ühte aastat oli β -hapete

sisalduste vähenemine 51-81% olenevalt sordist (Amoriello, 2019). Antud katsed näitasid, et kõige kindlam on humalagraanuleid säilitada õhukindlalt pakendatult jahedas ruumis.

Palju on arutletud humala tolmeldamise mõjust mõruhapete ja eeterlike õlide sisaldusele. USA-s, Inglismaal ja Austraalias on tuultolmlemine lubatud ja isegi soovitud. Saksamaal seevastu on humalakasvatuspriirkondades isased humalataimed keelatud, kuna seemned väidetavalt kahjustavad lager-tüüpi õllede kvaliteeti seemnetes sisalduvate rasvhapete tõttu (Haslbeck, 2017). Kuna humalat kasvatatakse eelkõige majanduslikel eesmärkidel, tuleb arvesse võtta nii mõruhapete sisaldust kui üldist käbide saagikust.

Inglismaal aastatel 1971-1974 läbi viidud katse tulemused näitasid, et kõikide katses olnud sortide käbide saagikus vähenes kuni 30%, kui humalataimed olid kasvanud ilma isastaimedeta. Enamus tolmeldamata variantides oli kõikidel aastatel α -hapete tase kõrgem. 1972. aastal tõusis tolmeldatud taimede α -hapete sisaldus koristamise päevaks isegi 1,9% kõrgemaks kui tolmeldamata taimedes (Thomas, Neve, 1976).

2013. aastal viidi Inglismaal ja Saksamaal läbi katse, kus emastaimed viljastati kunstlikult erinevate isastaimede õietolmuga ja kaeti edasise viljastamise vältimiseks kilega. Kõigis proovides tuvastati sordile iseloomulik puhas ja püsiv aroom. Sõltumata sordist olid viljastatud humalakäbid suuremad. Tolmeldamata proovides oli keskmine α -hapete sisaldus 6,75% ja tolmeldatud proovides 6,72%. Eeterlike õlide sisaldus oli vastavalt 0,97% ja 1,05% (Halsbeck jt, 2017).

Teaduskirjanduses on pigem levinud arusaam, et viljastatud taimedes on mõruhapete ja eeterlike õlide sisaldused oluliselt madalamad kui viljastamata taimedes. Antud katsetest seda välja ei tulnud. Kuid arvestades sellega, et õlletööstused ei soovi viljastatud käbisid, siis majanduslikus perspektiivis on mõtekam hoida humalaistandused ja nende ümbrused isastaimedest puhtad.

Uuritud on ka koristusaja mõju mõruhapete sisaldusele. Lafontaine jt, (Lafontaine jt, 2019) viisid läbi uuringu aroomiomaduste ja mõruhapete sisaldustele hilisemas koristusaknas sordiga *Cascade*. α -hapete sisaldused varieerusid vahemikus 4,4-5,79% ja β -happed 5,81-8,5%. Mõruhapete sisaldused ei muutunud oluliselt, küll aga mõjus hilisem koristus positiivselt aroomiomadustele. Bailey jt, (Bailey jt, 2009) viisid sarnase uuringu läbi 2009. a. aroomisordiga (*Hallertauer Mittelfrueh*). Neljas erinevas istanduses samades tingimustes varieerusid α -hapete

sisaldused 3,67- 6,45% ja β -happed 3,8-6,46%. Esimese ja viimase koristuse vahe oli 4 nädalat, mille ajal tõusis keskmine α -hapete sisaldus 4,6%-lt 5,9%ni.

Saamaks teada, kuidas mõruhapete sisaldused täpsemalt koristusaknas muutuvad, oleks vaja teha erinevates kasvukohtades samade sortidega katseid.

Kuna sekundaarsete metaboliitide (sh mõruhapped, eeterlikud õlid) süntees ja lagunemine taimes sõltub paljudest teguritest (geneetiline info, keskkonnatingimused, kasvatustehnoloogiad), siis kasutatakse õlletööstuse jaoks sobiva keemilise koostisega humala saamiseks erinevaid huvialuste ühendite sisalduse ja koostise muutmise meetodeid.

Ligikaudu 70-80% koristatud humalast töödeldakse koristusejärgselt humalagraanuliteks ja humalaekstraktideks. Väga väike osa on turul käbide kujul. Kuna on oluline, et mõruhapete ja eeterlike õlide sisaldus ei langeks ka hoiustamisel ja humalakäbide töötlemisel, tuleb valida õiged meetodid, et saagi kvaliteet ei langeks.

JÄRELDUSED

Kuna humalat kasutatakse põhiliselt õlletootmisel, on väga suur roll taimes sisalduvatel mõruhapetel. Mõruhapete sisalduse üheks olulisemaks mõjutajaks on kindlasti genotüüp, kuid sekundaarsete metaboliitide kvantiteeti ja kvaliteeti võivad oluliselt muuta ka mitmed keskkonnategurid, nagu sademed, kasvuperioodi pikkus, ilmastikutingimused küpsusperioodil, toitainete saadavus, kahjurite ja haiguste esinemine, emastaimede tolmeldamine ning lisaks veel koristusjärgsed meetodid.

Tööst selgus, et mõruhapete langust mõjutab vähene sademete kogus taime kasvuperioodil. Sademete mõju hakkab langema peale õitsemist, kui taim hakkab käbisid moodustuma. Aktiivse vegetatiivse kasvu ajal mängib rolli ka ööpäevane keskmine temperatuur. Mida jahedam on vegetatiivse kasvu ajal ööpäevane temperatuur, seda madalamaks α -hapete sisaldused jäävad. Väetamisel tuleb leida vastavalt sordile optimaalne kogus, kuna tööst selgus, et liiga suure koguse N- väetiste andmisel langes käbides α -hapete sisaldus.

Metsikutes sortides varieeruvad mõruhapped väga suurel tasemel. Soomes tehtud uuringust leiti isegi taimi, mille mõruhapete sisaldused olid üle 10%. Sellised leiud metsikutest taimedest on väga positiivsed, kuna aretustöös kasutatakse metsikuid taimi laialdaselt, sest nendel võib olla omadusi, mis on vägagi soovitud ja mida olemasolevates kultuursortides pole.

Lisaks tuli tööst välja, et mõruhapete sisaldust võib muuta ka koristusaeg ja koristusjärgne töötlemine. Sõltuvalt sordist leiti kõrgemaid mõruhapete sisaldusi hiljem koristatud käbidest, kuid iga kasvataja peab leidma oma optimaalse aja koristamiseks. Saamaks täpsemalt teada, kuidas mõruhapete sisaldused koristamise ajast sõltuvad, oleks vaja teha erinevates kasvukohtades samade sortidega katseid.

Koristusjärgselt on kõige mõistlikum humalakäbid pressida graanuliteks, pakendada ning säilitada õhukindlalt jahedas. Vastasel juhul võib α -hapete langus graanulites olla kuni 88%.

Teaduskirjanduses on pigem levinud arusaam, et viljastatud taimedes on mõruhapete ja eeterlike õlide sisaldused oluliselt madalamad kui viljastamata taimedes. Antud uurimusest seda välja ei tulnud. Kuid arvestades sellega, et õlletööstused ei soovi viljastatud kabisid, siis majanduslikus perspektiivis on mõtekam hoida humalaistandused ja nende ümbrused isastaimedest puhtad.

Eestis humala kasvatamiseks otseseid kliimaatilisi piiranguid pole. Arvestama peab võimalike väheste sademetega kasvuperioodil, aga istanduste rajamisel on veevajaduse katteks võimalik paigaldada niisutussüsteeme. Saamaks aimu, millise genotüübiga humalaid meil looduses leidub, võiks sarnaselt Soomele ka Eestis teha katseid, kus võrreldakse metsiku humala saagikusi ja mõruhapete sisaldusi.

KOKKUVÕTE

Töös uuriti humala kasvatamisvõimalusi Eestis, kuidas on metsikute humalate kasutamisevõimalused õlletootmises ja millest sõltub humalale omaste mõruhapete sisaldus. Töö oli kirjandusepõhine.

Uurimistöös püstitatud hüpotees, et humalakasvatuseks pole Eesti keskkonnatingimustega seotult otseseid piiranguid, leidis kinnitust. Arvestama peab võimalike sademete kõikumisega kasvuperioodil, kuid seda saab täiendavate agrotehniliste võtetega leevendada. Soovituslik on istanduste rajamisel installeerida niisutussüsteem, mis tagab sademete vaestel aastatel humalale piisava veevaru.

Teine hüpotees, mis püstitati oli, et emastaimede tolmeldamata jätmisel on õlletööstuse jaoks oluliste mõruhapete ja eeterlikke õlide sisaldus kõrgem. Antud hüpotees kinnitust ei saanud, kuna uuritud katsetest märgatavat vahet tolmeldamise ja mitte tolmeldamise vahel ei leitud.

Kolmas hüpotees, et metsikute sortide roll tänapäeva õlletööstuse jaoks on oluline, sai kinnitust. Metsikutest humalataimedest otsitakse tunnuseid, mis on olulised õlletööstustele ja kasvatajatele.

Soovituslik oleks teha Eestis samasugune uurimistöö metsikute humalate kohta sarnaselt Soomega. Siis oleks teada, milliste geneetiliste tunnustega humalaid meil leidub.

KASUTATUD KIRJANDUS

A History of Beer and Brewing. (2003). /I.S. Hornsey. Royal Society of Chemistry [on-line]

Ajaots, Linda. 2019. Alfa ja beeta mõruhapete sisaldus looduslikult kasvavas humalas ja humala kultuursortides. Magistritöö. Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu. 46 lk.

Almaguer, C., Schönberger, C., Gastl, M., Arendt, E.K., Becker, T. (2014). Humulus lupulus – a story that begs to be told. A review. - *Institute of Brewing and Distilling*. 120:289-314.

Amoriello, T. (2019). Multi-criteria approach for land suitability assessment of hop cultivation in Italy. - *International Journal of Agriculture and Environmental Research*. Vol. 05(02): 277-286

Bamforth, C.W. (2003) BEERS | Chemistry of Brewing. - *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)* p. 440-447

Bailey, B., Schönberger, C., Drexler, G., Gahr, A., Newman, R., Pöschl, M., Geiger, E. (2009). The influence of hop harvest date on hop aroma in dry-hopped beers. - *Technical Quarterly of the Master Brewers Association of the Americas*, 46. 1-7.

Briggs, D.E., Boulton, C.A., Brookes, P.A., Stevens, R. (2004). Hops. *Brewing- Science and Practice*. p. 227-254

Brooks, S.N. (1961) Hop Production. Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, 46 lk.

Cerenak, A., Satovic, Z., Jakse, E., Luthar, Z., Carovic-Stanko, K., Javornik, B. (2009). Identification of QTLs for alpha acid content and yield in hop (*Humulus Lupulus* L.). – *Euphytica* 170:141–154

Clark, S.M., Vaitheeswaran, Ambrose, S.J., Purves R.W., Page, J.E. (2013). Transcriptome analysis of bitter acid biosynthesis and precursor pathways in hop (*Humulus lupulus*). - *BMC Plant Biology*, vol.13, Article number: 12

Cochran, D. (2016). Hop Production 101: Site selection and planting. – *Iowa State University Extension and Outreach*

Danenhower, T.M., Force, L.J., Petersen, K.J., Betts, T.A. (2008). HPLC Analysis of α - and β -Acids in Hops.- *Journal of Chemical Education*. Vol. 85 No. 7

Darby, P. (2004). Hop Growing in England in the Twenty First Century. - *Journal of the Royal Agricultural Society of England* Vol. 165

- Dodds, K.** (2017). Hops - a guide for new growers. *NSW Department of Primary industries*
- Eby, S.** (2011). Hops, *Humulus lupulus* An investigation of agricultural practices and how producers are linked with business networks and consumers. - *Report for Canadian Nuffield Agricultural Scholarship Association*
- Eyck, L.T., Gehring, D.** (2016). The Hop Grower's Handbook: The Essential Guide for Sustainable, Small-Scale Production for Home and Market. USA: Chelsea Green Publishing, 288 lk.
- Farag, M.A., Wessjohann, L.A.** (2013). Cytotoxic effect of commercial *Humulus lupulus* L. (hop) preparations – In comparison to its metabolomic fingerprint. - *Journal of Advanced Research*. Vol 4 (4), p. 417-421
- Flythe, M.D., Kagan, I.A., Wang, Y., Narvaez, N.** (2017). Hops (*Humulus lupulus* L.) bitter acids: modulation of rumen fermentation and potential as an alternative growth promoter. - *Frontiers in Veterinary Science*, Vol. 4, pp. 131
- Fric, V., Havel, J., Libich, V., Križ, J., Makovec, K., Pertlik, Z., Rybacek, V., Sachl, J., Srp, A., Šnobl, J., Vancura, M.** (1991). Hop Production. Prague, 285lk
- Garshol, L.M.** (2014). LITHUANIAN BEER - A rough guide. *Sine loco*. 88 lk.
- Gent, D. H., Woods, J. L., and Putnam, M. L.** (2012). New Outbreaks of Verticillium Wilt on Hop in Oregon Caused by Nonlethal *Verticillium albo-atrum*. - *Plant Health Progress*
- Gingrich, C., Hart, J., Christensen, N.** (2000). Hops Fertilizer Guide. *Oregon State University Extension*.
- Hampton, R., Nickerson, G., Whitney, P., Haunold, A.** (2002). Comparative chemical attributes of native North American hop, *Humulus lupulus* var. *lupuloides* E. Small. – *Phytochemistry* Vol. 61 (7), pp. 855-862
- Haunold, A.** (1981) Hop Production, Breeding, and Variety Development in Various Countries. - *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 39:1, 27-34
- Haslbeck, K., Jerebic, S., Zarnkow, M.** (2017). Characterization of the Unfertilized and Fertilized Hop Varieties Progress and Hallertauer Tradition – Analysis of Free and Glycosidic Bound Flavor Compounds and β -Glucosidase Activity. – *Brewing Science*. 70 (November/December)
- Hāpi Research Centre.** (2019). Hop Industry Guide for New Growers. 26 lk.
- Henning, J. (2006). The breeding of hop. - *Brewing: New Technologies.*/ Bamforth, C. Woodhead Publishing Limited. England, p. 102-122
- Infante-Casella, M., Bamka, W.** (2017) Common Insect Pests in Hop Yards. – *New Jersey Agricultural Experiment Station*

Iskra, A.E., Lafontaine, S.R., Trippe, K.M., Massie, S.T., Phillips, C.L., Twomey, M.C., Shellhammer, T.M., Gent, D.H. (2019). Influence of Nitrogen Fertility Practices on Hop Cone Quality. - *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 77:3, 199-209

Jeliazkova, E., Zheljazkov, V.D., Kačániova, M., Astatkie, T., Tekwani, B.L. (2018). Sequential Elution of Essential Oil Constituents during Steam Distillation of Hops (*Humulus lupulus* L.) and Influence on Oil Yield and Antimicrobial Activity. - *Journal of Oleo Science*. 67, (7): 871-883

Keukeleire, J.D., Janssens, I., Heyerick, A., Ghekiere, G., Cambie, J., Roldán-Ruiz, I., Bockstaele, E.V., Keukeleire, D.D. (2006). - *J. Agric. Food Chem.* 55:1, 61-66

Koie, K., Myoda, T., Yoshida, H., Itoh, H. (2016). Quantitative evaluation of the hop (*Humulus lupulus* L.) root system based on wall profile method. – *J-STAGE*. 12:11-15

Krofta, K. (2003) Comparison of quality parameters of Czech and foreign hop varieties. - *PLANT SOIL ENVIRON.*, 49 (6): 261–268

Lafontaine, S., Varnum, S., Roland, A., Delpech, S., Dagan, L., Vollmer, D., Kishimoto, T., Shellhammer, T. (2019). Impact of harvest maturity on the aroma characteristics and chemistry of Cascade hops used for dry-hopping. - *Food Chemistry* Vol. 278, pp. 228-239

Lutz, A., Kneidl, J., Kammhuber, K., Seigner, E. (2013). Breeding of Special Flavor Hops to pave the way to the craft brewers. - *Conference: Scientific Commission, International Hop Growers`Convention, At Kiev, Ukraine*

Marks, M., Gevens, A. (2014). Hop Viruses: Identification and Management. *University of Wisconsin-Extension*

McCallum, J.L., Nabuurs, M.H., Gallant, S.T., Kirby, C.W., Mills, A.A.S. (2019). Phytochemical Characterization of Wild Hops (*Humulus lupulus* ssp. *lupuloides*) Germplasm Resources From the Maritimes Region of Canada. - *Frontiers in Plant Science* 10:1438

Mejia, E.A. (2019). Modus Hoperandi: A Critical Agrarian Study of Hop Production in Sweden and Exploration of Localized Hop Production in the Scandinavian Context. - *Lund University Department of Human Geography and Human Ecology Division*

Mikyška, A., Jurková, M. (2019) Analysis and prognosis of bitter acids content in Czech hop varieties - year 2018 and long-term comparisons and trends. - *KVASNY PRUMYSL*, 65(1), 23-31.

Miller R.H. (1958). Morphology of *Humulus Lupulus*. I. Developmental Anatomy of the Primary Root. - *American Journal of Botany*. Vol. 45. No. 5, pp 418-431

Mishra, A.K., Duraisamy, G.S., Khare, M., Kocábek, T., Jakse, J., Bříza, J., Patzak, J., Sano, T., Matoušek, J. (2018). Genome-wide transcriptome profiling of transgenic hop (*Humulus lupulus* L.) constitutively overexpressing HlWRKY1 and HlWDR1 transcription factors. - *BMC Genomics*, Vol.19, Article number: 739

- Mongelli, A., Rodolfi, M., Ganino, T., Marieschi, M., Caligiani, A., Dall'Asta, C., Bruni, R.** (2016). Are *Humulus lupulus* L. ecotypes and cultivars suitable for the cultivation of aromatic hop in Italy? A phytochemical approach. - *Industrial Crops and Products*. 83:693-700
- Moorhead, J.** (2020). How to Grow Hops At Home. - *American Homebrewers Association*
- Murakami, A., Darby, P., Javornik, B., Pais, M.S.S., Seigner, E., Lutz, A., Svoboda, P.** (2016). Molecular phylogeny of wild Hops, *Humulus lupulus* L. – *Heredity*. 97:66–74
- Natural Resources Institute Finland (2019). Beer from Finnish hops.
- Nelson, M.** (2005). The Barbarian's Beverage: A History of Beer in Ancient Europe. - *University of Windsor*
- Olšovská, J., Boštíková, V., Dušek M., Jandovská, V., Bogdanová, K., Čermák, P., Boštík, P., Mikyska, A., Kolář, M.** (2016). HUMULUS LUPULUS L. (HOPS) - A VALUABLE SOURCE OF COMPOUNDS WITH BIOACTIVE EFFECTS FOR FUTURE THERAPIES. – *Military Medical Science Letters*. 85(1):19-30
- Patzak, J., Nesvadba, V., Henychová, A., Krofta, K.** (2010). Assessment of the genetic diversity of wild hops (*Humulus lupulus* L.) in Europe using chemical and molecular analyses. - *Biochemical Systematics and Ecology*. Vol. 38, No. 2, pp 136-145
- Patzak, J. Nesvadba, V., Krofta, K., Henychova, A., Marzoev, A.I., Richards, K.** (2010). Evaluation of genetic variability of wild hops (*Humulus lupulus* L.) in Canada and the Caucasus region by chemical and molecular methods. - *Genome* 53(7):545-57
- Patzak, J., Krofta, K., Henychová, A., Nesvadba, V.** (2015). Number and size of lupulin glands, glandular trichomes of hop (*Humulus lupulus* L.), play a key role in contents of bitter acids and polyphenols in hop cone. – *International Journal of Food Science + Technology*. Vol. 50(8), pp. 1864-1872.
- Pavlovic, M.** (2012). Production character of the EU hop industry. - *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 18 (No 2), 233-239
- Pavlovic, V., Pavlovic, M., Cerenak, A., Kosir, I.J., Ceh, B., Rozman, C., Turk, J., Pazek, K., Krofta, K., Gregoric.** (2012). Environment and weather influence on quality and market value of hops. - *Plant Soil and Environment* 58(4):155-160
- Plant Disease Diagnostic Clinic. (2019). *Cornell University*
- Protsenko, L., Ruslan Rudyk, R., Hryniuk, T., Vlasenko, A., Protsenko, A., Litvynchuk, S., Ovadenko, O.** (2018). Beer enrichment with biologically active hop compounds. - *Ukrainian Food Journal*. Vol. 7(1), pp. 65-78.
- Quesada-Ocampo, L.** (2018). Hop Downy Mildew. *NC State Extension*

- Ruth, Paul.** 2018. Evaluation of the properties of Finnish hops. – Häme rakenduskõrgkool. Lepaa. 94 lk.
- Salanta, L.C., Tofana, M., Socaci, S., Mudura, E., Farcas, A., Pop, C., Pop, A., Odagiu, A.** (2015). Characterisation of Hop Varieties Grown in Romania Based on their Contents of Bitter Acids by HPLC in Combination with Chemometrics Approach. - *Czech Journal of Food Sciences*. 33(2): 148–155
- Seigner, E., Lutz, A., Oberhollenzer, K., Seidenberger, R., Seefelder, S., Felsenstein, F.** (2009). BREEDING OF HOP VARIETIES FOR THE FUTURE. - *Acta Horticulturae*, (848), 49–58.
- Sirrine, J.R.** (2015) Sustainable Hops Production in the Great Lakes Region. – *Michigan State University*
- Sirrine, J.R.** (2009). Sustainable Hop Production in the Great Lakes Region. – *Michigan State University Extension*
- Takle, B., Cochran, D.** (2017). Evaluating the Effects of Nitrogen Fertilization on Hop Yield. *Farm Progress Reports*: Vol. 2016 (1) , Article 28.
- Tartu Ülikooli Loodusteaduste didaktika lektoraat. (2008). Humal (*Humulus Lupulus*). [Veebileht] <http://bio.edu.ee/taimed/general/oistaim.html>
- Zanoli, P., Zavatti, M.** (2008). Pharmacognostic and pharmacological profile of *Humulus lupulus* L. - *Journal of Ethnopharmacology*. 116(3): 383-396
- The Barth report. (2019). Hops 2018/2019. Barth-Haas Group. Nuremberg
- Thomas, G.G., Neve, R.A.** (1976). Studies on the effect of pollination on the yield and resin content of hops (*Humulus lupulus* L.). - *Inst. Brew.* January-February, Vol. 82, pp. 41-45
- Yan, D., Wong, Y.F., Shellie, R.A., Marriott, P.J., Whittock, S.P., Koutoulis, A.** (2019). Assessment of the phytochemical profiles of novel hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars: A potential route to beer crafting. - *Food Chemistry*. 275:15-23

LISAD

Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Erki Teder
(autori nimi)

sünniaeg 04.03.1995,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

Humala kasvatamise ja väärindamise võimalused Eestis

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on Erkki Mäeorg,

(*juhendaja(te) nimi*)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor Erki Teder

(*allkiri*)

Tartu, 20.05.2020

(*kuupäev*)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Erkki Mäeorg

(*juhendaja nimi ja allkiri*) (*kuupäev*)